

コントラスト知覚評価を用いたポリゴン形状の詳細度制御

美座天佑 † 齋藤豪 ††

† 東京工業大学 工学部 †† 東京工業大学 情報理工学院

1 はじめに

3DCGにおいて物体を詳細に描画する方法の一つとして、ディスプレイメントマッピングがある。これは物体表面の凹凸情報を記録したテクスチャデータを用いて表面に凹凸を与える手法である。効果的な質感表現を得られる反面、細かい凹凸情報を表現するためにポリゴンをより細かく分割する必要があり、大きな計算コストを要する。本稿では人間の視覚特性に着目し、視覚的に効果の大きな部分にのみ適応的に分割を行い計算コストを削減する手法を提案する。

2 従来研究

遠方の物体は画面上で映る面積が小さくなるため、分割による効果は小さくなる。Hoppe[1] はこれに着目し、距離に応じて分割を行う手法を提案した。

また、コントラストが低く凹凸の判別ができないような部分においても分割の効果は小さくなる。Naderらは人間のコントラスト感度特性 (Contrast Sensitivity Function) を元に、適応的分割を行う手法を提案した[2]。この関数は視覚刺激の空間周波数からそれが知覚できるコントラストの閾値を示すものである。

この手法[2]ではCSFを用いて視認性を描画前に予測することによって適応的分割を行う。ただし視認性の計算に用いられるコントラスト及び空間周波数はポリゴン内部でのみ計算されるため、背景との同化による輪郭部分のコントラスト変化は考慮されない。こうした問題を踏まえ、事前レンダリング結果を用いてスクリーン上での視認性を推定することによって、背景との同化を考慮した適応的分割を行う手法を提案する。

3 提案手法

3.1 事前レンダリング

本手法では視認性の評価に従った適応的分割を行うために、1フレームの描画のために2回のレンダリングを行う。まず詳細度の低い事前レンダリングを行う。これはポリゴン分割をせずに高速に行われ、実際の画面には表示されない。最終的なレンダリング結果に近づけるため、法線マップを適用した反射計算を行う。

また、中心視における輝度CSFを用いるため、照明計算はグレースケールで行う。

3.2 事前レンダリング結果からのサンプリング及び閾値計算

次に、事前レンダリング結果を参照し、CSFを用いて視認性に基づく適応的分割を行い、最終的に画面に出力されるレンダリングを行う。

ポリゴンを構成する三角形ごとに視認性を計算するため、事前レンダリング像上からサンプリングを行い標本群を作成し、空間周波数 f およびコントラスト c を近似的に計算する。サンプリングは各三角形周辺で離散的に行う。 f は標本群のうち輝度の最大点と最小点の直線距離から、 c はそれらの最大および最小輝度を用いてMichelsonコントラストの定義によって計算される。このようにして求めた c と f からCSFを用いて視認性を推定する。CSF(f)はMannosら[3]による式を用いる。この際、推定視認性はポリゴンの詳細度が低い事前レンダリング像上から参照しているため、最終的な描画時の視認性との誤差が生じる。ただし事前レンダリングに法線マップを用いた反射計算を行っていることから、ディスプレイメントマップによるポリゴン分割を行う前後でコントラストの変化は少ないと仮定できる。また、空間周波数はポリゴン分割前後でスクリーンに対するポリゴン面の傾きが変化することから変化するが、その変化量の最大値は最大ディスプレイメント量から見積もることができる。これにより生じる視認性の最大誤差を α とする。

3.3 分割アルゴリズム

$CSF(f) - \frac{1}{c} + \alpha > 0$ の場合、その視覚刺激は視認可能であると判定する。この差分 $CSF(f) - \frac{1}{c} + \alpha$ を視認性と定義し、視認性に基づき32段階でポリゴン分割量を決定する。

ポリゴン分割の実装にはOpenGL4のTessellation-Shaderを用いる。このshaderでは三角形の3辺それぞれの分割数と内部の分割数をOuterLevelおよびInnerLevelを指定することによって制御するが、分割数の異なる辺が隣接する場合に亀裂が発生する。そこでOuterLevelは全ポリゴンで共通の値とし、InnerLevelのみを視認性により変化させることとする(図1)。

Detail level control using contrast perception

† Tenyu MIZA

†† Suguru SAITO

School of Computing, Tokyo Institute of Technology (†)

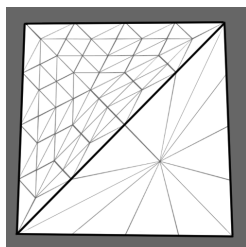


図 1: 分割レベルの異なる面が隣接した状態

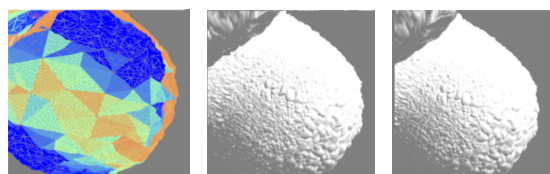
4 実験結果と考察

図 2 および図 3 は岩のような材質の Stanford bunny[4] に対し、提案手法を用いて適応的分割を行った結果と行わなかった結果の比較である。視認性マップは色が青いほど視認性が低く、赤いほど高くなっていることを示している。図 2 における結果では、分割数は凹凸の見えない部分で少なくなり、輪郭や中央付近のような凹凸が視認できる部分では多くなっている事が確認できる。また、上部の輪郭では分割数が多いのに対し下部の輪郭では背景と同化しているため、分割数が増えていないことも確認できる。図 3 左は照明の弱いシーン、同右は照明の強いシーンにおける結果である。左に比べ、右のシーンでは光が強くなり表面の凹凸が見えなくなっているような画像領域が多く、全体の分割数が少なくなっていることが確認できる。

図 3 のシーンにおける 1 フレームあたりの実行時間は表 1 に示す。適応的分割を行った場合では、行わなかった場合に比べて実行時間を短縮できていることが分かる。

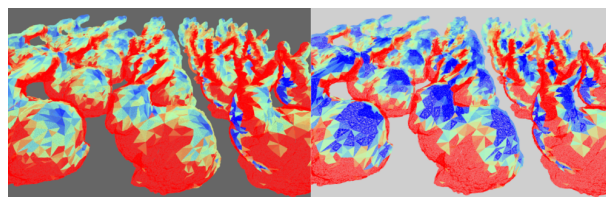
表 1: 1 フレーム当たりの実行時間

手法	実行時間 (ミリ秒)
適応的分割なし	183.1
適応的分割あり (左)	32.3
適応的分割あり (右)	27.3

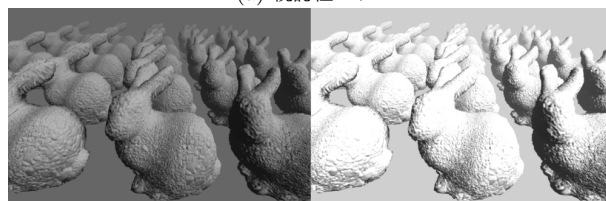


(a) 視認性マップ (b) 適応的分割あり (c) 適応的分割なし

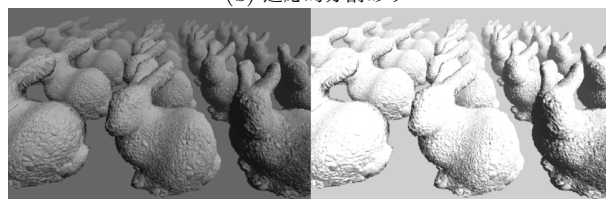
図 2: 実行結果



(a) 視認性マップ



(b) 適応的分割あり



(c) 適応的分割なし

図 3: 照明条件の異なるシーンでの結果

5 まとめと今後の課題

本稿では、事前レンダリング結果を用いる視認性評価に基づく適応的ポリゴン分割法を提案した。実験によって、従来手法では考慮されなかった背景との同化による輪郭部分のコントラストの変化についても考慮されていることを示した。本稿で提案した手法では、各サンプリングは三角形面内での局所的なコントラストの違いを考慮することはできない。面内部で視認性に大きな差がある場合でも均一に分割してしまう。こういった局所的な視認性の評価を行うことは今後の課題である。

参考文献

- [1] H.Hoppe, Smooth view-dependent level-of-detail control and its application to terrain rendering, Visualization'98. Proceedings, 35-42, 1998, IEEE
- [2] G.Nader, K.Wang, F.Htroy-Wheeler, F.Dupont Visual Contrast Sensitivity and Discrimination for 3D Meshes and their Applications
- [3] J.Mannos, D.Sakrison, The effects of a visual fidelity criterion of the encoding of images. IEEE Transactions on Information Theory, Vol. 20, No. 4, pp. 525-536, Jul 1974.
- [4] <http://graphics.stanford.edu/data/3Dscanrep/>